Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

INFO-FORÊTS

Recherche en science et technologie au Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts

Améliorer la résistance du douglas au pourridié-agaric 2
Le rôle des barrières tarifaires et non tarifaires dans le commerce international des produits forestiers 3
BioSpace : Élaboration d'un système de signalement précoce pour protéger les biens écologiques du Canada 4
La migration assistée, nouvel horizon pour l'écologie forestière 6
Détection des champignons résistants susceptibles d'être transportés à l'étranger 8
Modélisation des matières premières entrant dans la production de bioénergie : Information sur ce secteur en croissance 9
Événements 10
Le coin des employés 11
Nouvelles publications du CFP 12

Mai 2011
ISSN 1926-1497

Canada

Améliorer la résistance du douglas au pourridié-agaric

Mike Cruickshank, SCF

Souche où les signes d'infection sont bien visibles.

Au cours de leur vie, la plupart des arbres sont infectés par une maladie du pied ou des racines appelée pourridié-agaric, qui est associée à d'importantes pertes économiques. **Mike Cruickshank** (mike.cruickshank@nrcan.gc.ca), du Centre canadien sur la fibre de bois du Centre de foresterie du Pacifique, étudie actuellement des moyens de réduire les répercussions de cette maladie en améliorant la résistance des hôtes aux organismes nuisibles responsables.

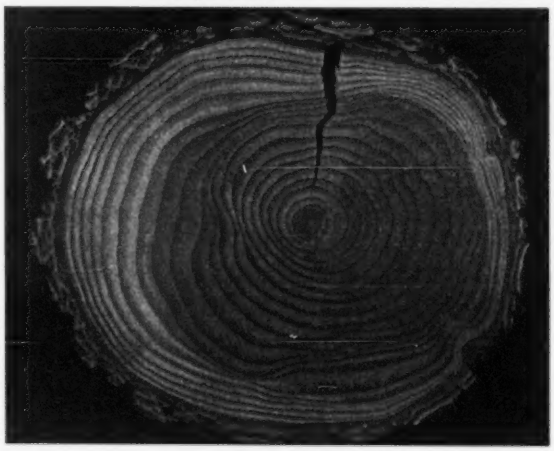
Selon Cruickshank, « les arbres réagissent de diverses façons aux maladies, mais, dans tous les cas, si leur croissance est touchée, la qualité de leur bois le sera également. Cela constitue un problème majeur dans la partie amont de la chaîne de valeur, où on doit pouvoir compter sur un bois de qualité uniforme ». Le douglas, arbre répandu et d'une grande importance économique en Colombie-Britannique, est fortement touché par le pourridié-agaric. De plus, les répercussions de cette maladie sont accrues dans les peuplements de seconde venue. « Actuellement, nos activités se concentrent sur le douglas, bien que des provinces aient aussi manifesté un intérêt pour la recherche sur l'épinette », affirme Cruickshank.

La plupart des programmes d'amélioration des arbres visent des caractères tels que la hauteur, le diamètre et la forme. Toutefois, Cruickshank et son équipe s'intéressent plutôt à un autre caractère, la tolérance aux maladies, qui permet à l'arbre hôte de survivre et de bien pousser malgré l'infection.

Les maladies des arbres, fréquentes dans les peuplements naturels, sont souvent accentuées dans les peuplements aménagés, où les mécanismes naturels limitant ces maladies dans l'espace et dans le temps sont altérés. Toutefois, on dispose actuellement de très peu d'information sur les répercussions des maladies sur la croissance des arbres à l'échelle d'un peuplement.

En d'autres termes, un arbre peut-il survivre à une maladie? Si oui, quels seront les effets de cette maladie sur la croissance de l'arbre et sur les propriétés de son bois, deux facteurs d'importance économique? Cruickshank et son équipe ont donc réalisé plusieurs études de terrain et une étude en serre afin de mieux comprendre les effets de la maladie sur le taux de survie et la croissance des arbres ainsi que sur les propriétés du bois.

Coupe transversale d'une souche de douglas, montrant les changements abrupts causés par le pourridié-agaric dans la largeur des cernes (expansion et compression).



Mike Cruickshank, CFP

Dans le cadre de l'étude en serre, de grande envergure, ils ont observé une résistance à *l'Armillaria ostoyae* chez certaines familles de descendance uniparentale de douglas bleu. Ils ont ensuite réalisé en milieu naturel un essai de descendance de 22 ans, au cours duquel l'agent a été inoculé aux familles ayant les plus faibles et les plus forts taux de survie. Cet essai est venu confirmer les résultats de l'étude en serre, en plus de permettre l'observation de la croissance sur une longue période.

Les études ont révélé que les arbres de la famille ayant le taux de survie le plus élevé avaient connu une forte croissance avant d'être infectés. Toutefois, c'est chez cette famille que l'infection a eu le plus d'effet sur la croissance et que la croissance a donc été la plus fiable à la suite de l'infection. Le pourridié-agaric a eu moins de répercussions sur la croissance des arbres chez les familles dont le taux de survie était moyen à relativement élevé.

Selon Cruickshank, il serait judicieux de sélectionner les arbres sur la base de caractères multiples incluant la tolérance de l'hôte, et non uniquement les caractères communément étudiés, comme la croissance en hauteur et le diamètre des arbres. Cela permettrait de cerner les familles à croissance rapide qui possèdent une tolérance élevée aux maladies ainsi qu'un bon taux de survie et produisent un bois aux propriétés recherchées.

« Nous croyons que l'intégration de caractères conférant une tolérance ou une résistance aux maladies permettrait de maximiser la croissance en cas d'infection et de réduire l'hétérogénéité du bois, ce qui améliorerait probablement la qualité et la valeur des produits et pourrait ainsi faire une différence sur le marché actuel », affirme Cruickshank.

Ces travaux suscitent de plus en plus d'intérêt, car les familles résistantes ou tolérantes aux différentes espèces d'*Armillaria* pourraient également être résistantes à d'autres maladies et à des insectes. Il est facile de constater la passion que suscite ce projet chez Cruickshank en discutant avec lui. On connaît encore très mal ce sujet et l'effet du changement climatique sur le pourridié-agaric, ce qui est inquiétant. Toutefois, les résultats préliminaires indiquent que le changement climatique devrait entraîner une hausse de l'incidence de cette maladie. Il est intéressant pour les titulaires de permis de savoir quels arbres planter pour éviter le pourridié-agaric, puisque cette maladie constitue un des principaux problèmes auxquels ils sont confrontés, particulièrement avec l'incertitude qui règne quant aux effets du changement climatique.

Mike Cruickshank travaille à ce projet en étroite collaboration avec le généticien Barry Jaquish, du Service des forêts de la Colombie-Britannique, et reçoit également de l'aide de FPInnovations. **Antoine Lalumière** et **Dominique Lejour,** du Centre canadien sur la fibre de bois du Centre de foresterie du Pacifique, ont contribué à la collecte et à l'analyse des données. *–K.M.*

Le rôle des barrières tarifaires et non tarifaires dans le commerce international des produits forestiers

En janvier, on annonçait que l'Inde levait les restrictions sur l'importation de bois d'épinette, de pin et de sapin du Canada, après avoir banni ces produits durant des années par crainte des ravageurs envahissants. Cette nouvelle s'ajoute aux efforts du pays pour développer et diversifier le marché des produits forestiers. Même si actuellement l'Inde importe peu de bois d'œuvre résineux, son marché présente un potentiel pour le secteur canadien dans les années à venir. La levée de cet obstacle au commerce est un exemple de l'importance des récentes recherches entreprises par les scientifiques du Centre de foresterie du Pacifique de Ressources naturelles Canada, à Victoria.

Il existe de nombreuses barrières tarifaires et non tarifaires au commerce, et ce, bien que la consommation et le commerce des produits forestiers aient augmenté dans le monde depuis les dernières décennies. Si les accords internationaux ont contribué à réduire considérablement les tarifs, les barrières non tarifaires (BNT) ont pour leur part gagné en importance. Les BNT se présentent sous de nombreuses formes. Parfois, il s'agit d'une restriction temporaire imposée par une nation sur la quantité des importations ou des exportations. Les mesures américaines contre les exportations de bois d'œuvre résineux canadien en sont un exemple. D'autres BNT ciblent la valeur des biens échangés sans toutefois prendre la forme d'un tarif : majorations douanières, taxes à l'importation, droits d'agrément, prix plancher/plafond obligatoires pour les importations, dépôts préalables, droits antidumping et compensateurs, etc.

Parmi les BNT moins tangibles, on compte notamment les subventions aux producteurs et aux exportateurs, l'aide financière, les allégements fiscaux et les plans d'incitation à l'exportation visant à rendre les producteurs nationaux plus concurrentiels sur les marchés internationaux. Les BNT peuvent aussi revêtir la forme de procédures d'attribution de licences d'importation, de procédures douanières et d'opérations financières complexes, lesquelles sont souvent mises en place pour soutenir les industries nationales. Celles qui posent le plus de difficulté sont les normes techniques et phytosanitaires, de même que les exigences en matière de certification de l'aménagement forestier et d'étiquetage des produits. Ces dernières sont parfois nécessaires et justifiées, car elles servent des objectifs d'intérêt public; d'autres, par contre, sont accessoires et protègent simplement les produits nationaux.

Selon Mme **Lili Sun** (lili.sun@nrcan.gc.ca), économiste au Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, « [le Canada], en tant que pays gorgé de ressources forestières et hautement tributaire de l'accès aux marchés étrangers, doit impérativement connaître les risques liés aux mesures tarifaires et non tarifaires dans le secteur canadien des produits forestiers, les éléments qui peuvent mener à ces distorsions et les effets économiques qui s'ensuivent. L'importance du commerce pour le secteur forestier canadien et l'augmentation

©istockphoto.com/pelicanlake

manifeste du risque d'obstacles au commerce nous ont incités, mes collègues du SCF **Bryan Bogdanski** et **Brad Stennes** et moi-même ainsi que Kees van Kooten, de l'Université de Victoria, à étudier la question. »

L'étude portait sur les facteurs susceptibles d'entraîner l'imposition de barrières au commerce. Les pays doivent comprendre ces facteurs s'ils veulent mettre en œuvre des stratégies proactives afin de les prévenir ou de les atténuer. Au nombre de ces facteurs figurent entre autres les motivations politiques, les incitatifs économiques et les mesures de rétorsion commerciales. Par exemple, un flou entoure le libre-échange : les retombées, qui en tire profit, etc. À l'opposé, un groupe bien défini bénéficie généralement de la protection commerciale; ce groupe sait, par ailleurs, de quelle manière il en profite. Cette opposition signifie que la protection peut être efficace d'un point de vue politique, même si elle ne l'est pas sur le plan économique. En outre, on voit que les BNT gagnent de plus en plus de soutien politique : d'une part, elles sont relativement difficiles à comprendre et, d'autre part, elles servent à soutenir les producteurs nationaux, contrairement aux réductions tarifaires, lesquelles profitent clairement aux consommateurs.

Mme Sun et ses collègues étudient les répercussions économiques des barrières tarifaires et non tarifaires sur le marché mondial des produits forestiers à l'aide du modèle global de produit forestier élaboré par Joseph Buongiorno, de l'Université du Wisconsin à Madison, et divers collaborateurs. Les résultats qui en découlent rejoignent les préoccupations selon lesquelles les tarifs et les BNT nuisent au commerce et à la production des produits forestiers. Le retrait des BNT et/ou des tarifs

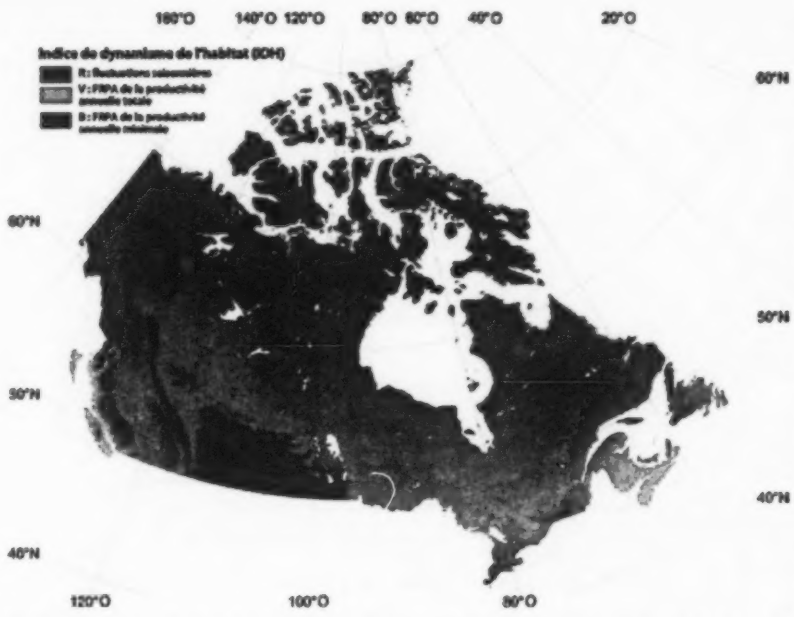
...suite à la page 4

Source

The role of tariff and non-tariff trade barriers in the global forest products trade: A Canadian perspective. 2010. Sun, L.; Bogdanski, B.E.C.; Stennes, B.; van Kooten, G.C.

Disponible dans la librairie en ligne du SCF : http://librairie.scf.rncan.gc.ca

BioSpace : Élaboration d'un système de signalement précoce



Profils spatiaux de l'indice de dynamisme de l'habitat. Ces mesures servent à déceler les zones critiques de changement dans la biodiversité.

La nature vierge et colossale du Canada fait partie intégrante de l'identité nationale. De vastes écosystèmes, surtout au nord, sont à l'état quasi naturel, presque entièrement préservés de l'impact humain. Cependant, lorsqu'on se dirige vers le sud, dans les régions où l'activité humaine et la biodiversité sont plus importantes, le potentiel de conflit entre les gens et les espèces indigènes s'accroît et donne lieu, souvent, à une modification des processus écologiques. Des outils qui favorisent le développement durable et la gestion des ressources et qui intègrent les besoins de l'immense biodiversité du Canada sont désormais essentiels aux décideurs et aux gestionnaires de la conservation.

S'il veut atteindre les objectifs de conservation internationaux, le Canada doit se munir d'un mécanisme visant à garantir que le développement continu et la gestion des ressources naturelles respectent la biodiversité et les services écosystémiques. Ce mécanisme doit de plus servir à signaler rapidement les changements qui s'opèrent dans notre patrimoine naturel.

Des chercheurs du Centre de foresterie du Pacifique ont travaillé conjointement avec l'Agence spatiale canadienne et l'Université de la Colombie Britannique pour élaborer un cadre de surveillance de la biodiversité du vaste paysage terrestre canadien, lequel couvre près de 10 millions de kilomètres carrés. Le projet « BioSpace : Surveillance de la biodiversité à l'aide de données d'observation de la Terre » permet l'utilisation d'information provenant de satellites d'observation de la Terre pour déterminer les principaux éléments moteurs de la biodiversité. La variabilité de ces éléments moteurs d'une région à l'autre peut indiquer dans quelles parties du Canada il est impératif de maintenir la biodiversité. En outre, cette variabilité temporelle fait ressortir les régions qui présentent des conditions changeantes, lesquelles sont potentiellement nuisibles ou bénéfiques à la biodiversité. Les profils et les processus mis au jour par le projet BioSpace nous informent également sur l'état des biens et services écosystémiques importants, notamment les produits forestiers, les pêcheries de saumons, le stockage de carbone et la qualité de l'eau.

Depuis notre dernier article sur BioSpace, paru dans le numéro d'août 2008 d'*Info-Forêts*, beaucoup de travail a été accompli. Il s'agit en effet d'un projet gagnant en maturité; il est d'ailleurs bien reçu par les universitaires et les responsables des politiques. Il permet de « procéder à des analyses sur la biodiversité à l'échelle du pays, analyses jugées parmi les meilleures du monde », salue M. Steve Running, professeur membre du conseil d'université en sciences des écosystèmes, à l'Université du Montana. Les cinq produits de données clés découlant de BioSpace décrits ci-dessous sont actuellement intégrés dans des protocoles de surveillance nationale et régionale et dans des activités de planification de la conservation.

Productivité de la végétation : Constitue l'élément moteur de la biodiversité à grande échelle le plus généralement reconnu. La productivité d'un écosystème est un indice de la quantité d'énergie biodisponible; elle est donc liée au nombre et à la diversité des organismes pouvant être abrités par un écosystème. Toutefois, la productivité n'est pas uniforme

---

Comprendre les barrières au commerce *...suite de la page 3*

entraîne une croissance relativement faible du bien-être mondial; à l'échelle du pays, par contre, l'impact peut être beaucoup plus important. Parmi les 25 principaux pays à l'étude, 19 présentent des gains nets (producteurs et consommateurs) grâce au libre échange. Les bénéfices les plus importants ont été observés au Japon, en Allemagne et au Canada, lesquels ont enregistré respectivement des profits de 2,4, 1,6 et 1,3 milliards de dollars américains. On doit cependant utiliser ces résultats avec prudence, car ils sont fondés sur des simulations et excluent l'Accord sur le bois d'œuvre résineux entre le Canada et les États-Unis, signé en 2006. Ils indiquent néanmoins clairement que les efforts visant à réduire les obstacles superflus au commerce peuvent engendrer d'importantes retombées pour les pays commerçants. –*L.S.*

pour protéger les biens écologiques du Canada

à longueur d'année (voir figure ci-dessous); des éléments uniques de la productivité annuelle peuvent influer sur les écosystèmes de manière différente. Trois de ces éléments, soit la productivité annuelle minimale, la productivité annuelle totale et les fluctuations saisonnières, ont été regroupés dans l'indice de dynamisme de l'habitat (IDH). Les variations de l'IDH, lequel est mesuré tous les ans, montrent la dynamique de la qualité de l'habitat. Les chercheurs associés au projet BioSpace ont démontré la pertinence de l'IDH quant à la biodiversité des oiseaux et des papillons. Des travaux en cours appliquent également l'indice à la qualité de l'habitat des orignaux, aux habitudes migratoires des caribous et à la répartition spatiale des aires protégées du Canada.

Couverture de neige : Les conditions hivernales et la dynamique de la neige sont certainement aussi importants pour la biodiversité que la productivité de la végétation, voire plus, dans une région nordique telle que le Canada. Dans le cadre d'une nouvelle recherche, l'équipe de BioSpace étudie l'importance de la couverture de neige dans la biodiversité. Pour ce faire, les chercheurs mettent en opposition la productivité de la végétation et les régimes de la neige et élaborent un IDH fondé sur les conditions hivernales.

Couverture terrestre et morcellement forestier : Le type d'habitat et son organisation spatiale fournit des renseignements sur la répartition de la biodiversité et la qualité de l'habitat. Les recherches effectuées dans le cadre de BioSpace ont démontré que la couverture terrestre pouvait servir à prédire la biodiversité des oiseaux; par ailleurs, le projet a montré son efficacité dans la représentation des différentes communautés de papillons. Qui plus est, les recherches indiquent que la couverture terrestre et le morcellement forestier sont tous les deux liés à la répartition par âge des peuplements forestiers et aux tendances des populations de saumons du Pacifique. Les causes de fragmentation d'origine naturelle et humaine varient en importance d'un bout à l'autre du Canada.

Perturbation : Des changements abrupts dans l'état de la végétation, lesquels peuvent être détectés par satellite, sont susceptibles d'influer sur la biodiversité.

Classification des écosystèmes : Étant donné l'immense superficie et la grande diversité du Canada, il est difficile de procéder à des généralisations fiables sur l'état de l'environnement. Les chercheurs de BioSpace ont élaboré un cadre de classification de la productivité de la végétation et des régimes de la neige des écosystèmes (écozone) pour définir des variables de surveillance et de signalement plus précises. L'usage de ce cadre est très répandu, et, s'il est efficace (grâce à la productivité) pour représenter les profils en ce qui a trait aux communautés de papillons et à la couverture de neige, il en est autrement pour évaluer l'état de l'environnement dans des conditions hivernales. Ce qui est passionnant à propos de BioSpace, selon **Meg Andrew** (margaret.andrew@nrcan.gc.ca), boursière de recherches postdoctorales au Centre de foresterie du Pacifique, c'est son étendue et sa diversité : « BioSpace intègre de nombreux types de renseignements servant à caractériser l'état environnemental sous plusieurs aspects. Il en découle une base de données précieuse dont on se sert pour aborder un large éventail de questions scientifiques et de besoins de gestion. » *-M.A.*

Sources

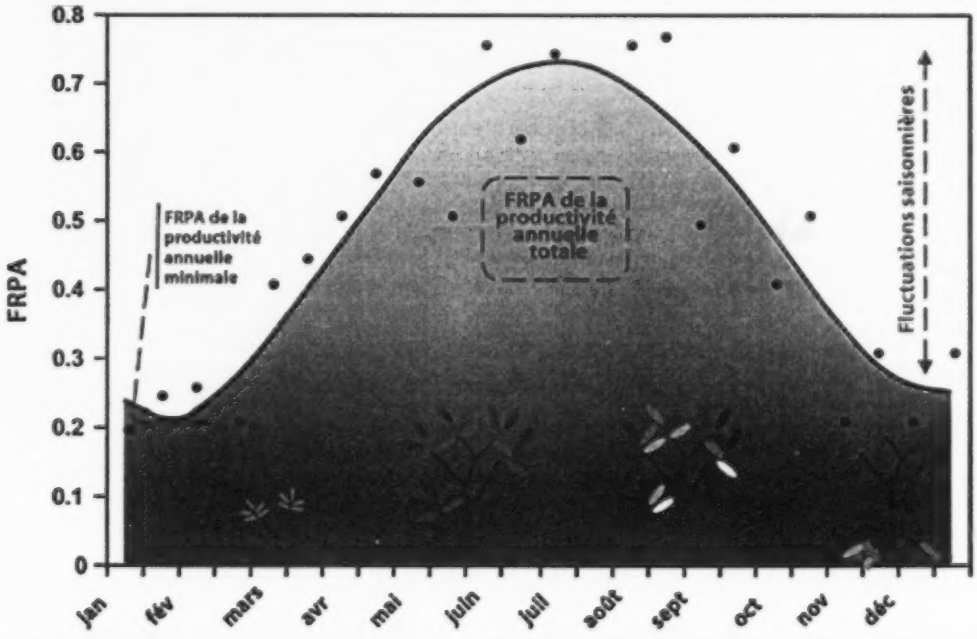
Idiosyncratic responses of Pacific salmon species to land cover, fragmentation, and scale. 2011. Andrew, M.E. and Wulder, M.A. Ecography. In Press. doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.06607.x

How do butterflies define ecosystems? A comparison of ecological regionalization schemes. 2011. Andrew, M.E., Wulder, M.A., and Coops, N.C. Biological Conservation. In Press. doi: 10.1016/j.biocon.2011.01.010

Comparison of a regional-level habitat index derived from MERIS and MODIS estimates of canopy light absorbance. 2011. Coops, N.C., Michaud, J.S., Wulder, M.A., and Andrew, M.E. Remote Sensing Letters 2(4): 327–336.

Pour plus de renseignements

Français - http://scf.rncan.gc.ca/soussite/biospace/accueil
English - http://cfs.nrcan.gc.ca/subsite/biospace



Mesure de la productivité de la végétation par FRPA (fraction du rayonnement photosynthétique actif) au cours d'une année. Cette mesure est intégrée dans l'indice de dynamisme de l'habitat du projet BioSpace en vue de faire ressortir de l'information sur l'état de l'habitat et de la biodiversité.

La migration assistée, nouvel horizon pour l'écologie forestière

Leaf Petersen (hojaleaf, flickr)

Mélèze de l'Ouest

Les espèces forestières ont vécu de nombreux changements climatiques au cours de l'histoire de la Terre. Des périodes de réchauffement et de refroidissement, des changements dans le régime des précipitations et d'autres tendances se sont continuellement succédé, à l'intérieur de paysages forestiers dynamiques. Les végétaux sont constamment confrontés à de tels changements, puisqu'ils occupent une place fixe dans l'environnement. Ainsi, les arbres et les autres plantes forestières s'adaptent à ces changements grâce à leur résilience physiologique et y répondent en dispersant leur pollen, leurs graines et leurs propagules. Les changements climatiques poussent ainsi les espèces à suivre leur niche écologique optimale ou leur « limite climatique ». On peut donc dire que les forêts migrent.

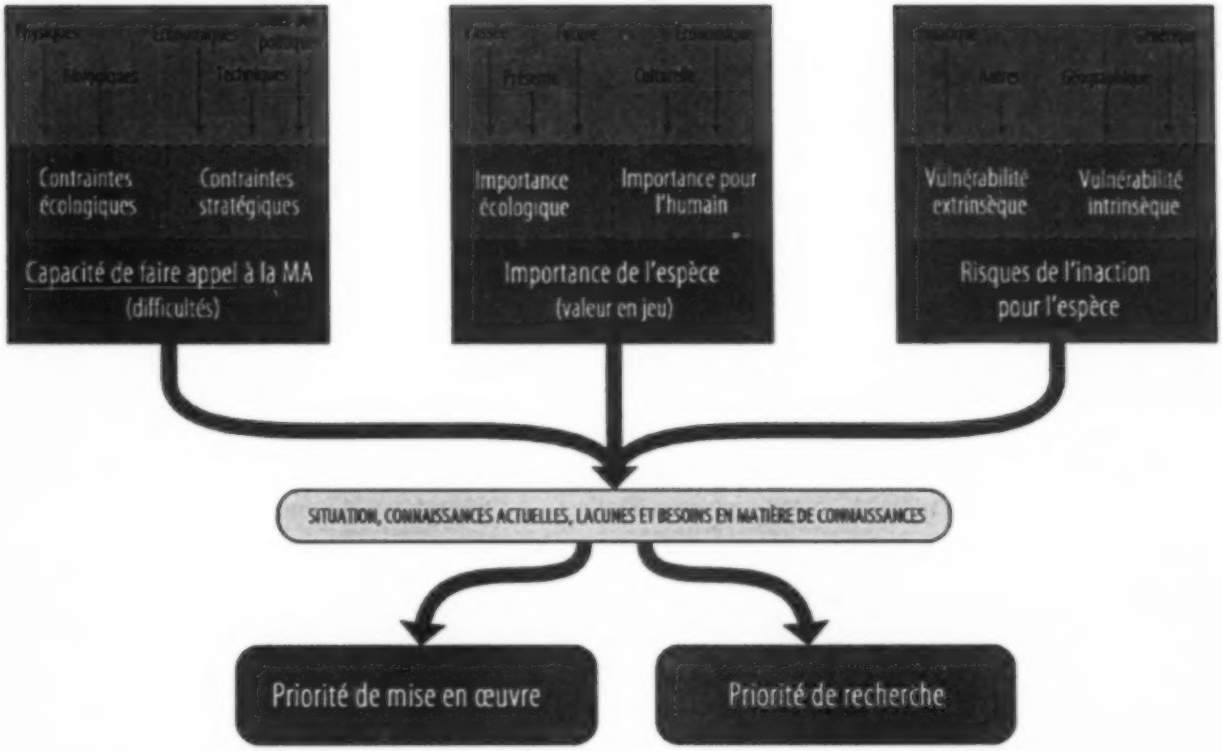
Voyons maintenant ce qui en est du climat actuel et des changements climatiques projetés dans l'ensemble du Canada. Dans plusieurs cas, on s'attend à ce que le rythme de ces changements surpasse la capacité de migration des végétaux. La hausse continuelle des températures pourrait rendre les arbres des forêts inadaptés, possiblement en l'espace d'une seule révolution. Les effets néfastes d'une telle inadaptation (croissance réduite, sensibilité accrue aux maladies, perturbation du cycle phénologique, etc.) pourraient vraisemblablement entraîner un déclin de la productivité de certains écosystèmes et ainsi menacer leur intégrité.

La migration assistée ou « déplacement d'organismes assisté par les humains » est une stratégie qui pourrait servir à favoriser l'adaptation des écosystèmes forestiers en prévision des répercussions possibles du changement climatique. La migration assistée des espèces d'arbres a fait l'objet d'une attention particulière dans le secteur forestier, bien que cette méthode puisse également être appliquée aux végétaux du sous-étage et à d'autres types d'organismes. Il s'agit donc d'une stratégie préventive qui peut être employée pour différentes cibles. Elle pourrait permettre, à petite échelle, d'assurer la préservation des génotypes et, à grande échelle, de maintenir la présence de forêts saines et productives.

Des incertitudes considérables demeurent quant à la migration assistée des essences forestières, et celles-ci soulèvent naturellement des inquiétudes. On s'interroge notamment sur la possibilité qu'une espèce devienne envahissante si elle est transportée au-delà de son aire de répartition naturelle ou, en d'autres termes, que la migration soit « trop efficace ». D'autre part, on craint de ne pas posséder suffisamment de connaissances sur les facteurs risquant de nuire aux efforts de migration assistée. En effet, certains facteurs pourraient restreindre la migration ou entraîner une inadaptation des espèces déplacées, comme une différence de photopériode ou de type de sol, des obstacles géographiques ou une fragmentation du paysage. Avant de mettre en œuvre une stratégie de migration assistée, il est nécessaire d'acquérir des connaissances plus approfondies sur le sujet afin de pouvoir guider la prise de décision et réduire au minimum les incertitudes et les inquiétudes. On peut sans aucun doute voir l'étude du déplacement délibéré d'essences forestières intactes comme une toute nouvelle branche de l'écologie.

Il existe différents modèles conceptuels de migration assistée dans le domaine de l'exploitation forestière. Un de ces modèles, qui comporte un risque relativement faible, consiste à déplacer du matériel génétique d'une essence donnée sur de courtes distances à l'intérieur des limites de son aire de répartition actuelle. Ce modèle cadre bien avec les pratiques forestières existantes et vise principalement à préserver la santé et la capacité de production des forêts au cours d'une révolution. De plus, grâce aux données issues des tests de provenance et aux projections climatiques fondées sur les modèles climatiques locaux ou les modèles de circulation générale (MCG), il est possible de maximiser l'efficacité d'un déplacement de génotype à l'intérieur de l'aire de répartition de son espèce. En Colombie-Britannique, certaines modifications ont été apportées à la réglementation relative à la source des semences, en vue de permettre la mise en œuvre d'une telle approche; ce modèle de migration assistée est déjà appliqué à certaines espèces présentant un intérêt commercial important. De plus, en Colombie-Britannique, l'industrie, les responsables des forêts communautaires et expérimentales ainsi que le gouvernement provincial (dans le cadre d'essais d'adaptation par migration assistée) mettent sur pied des plantations expérimentales en vue d'évaluer la viabilité de ce modèle de migration assistée.

Il existe un autre modèle de migration assistée, qui consiste à étendre très légèrement les limites de l'aire de répartition d'une espèce. Comme pour l'autre modèle, la



Ce schéma montre les facteurs intervenant dans l'établissement de priorités pour les efforts de migration assistée et la recherche sur les essences forestières. Le déplacement d'écosystèmes forestiers exige donc un processus de décision complexe.

migration s'effectue sur une distance relativement courte, mais comporte davantage d'incertitudes sur le plan écologique. En Colombie-Britannique, on a déplacé très légèrement à l'extérieur de leur limite naturelle le mélèze de l'Ouest, le pin ponderosa et le pin à écorce blanche, dans le cadre d'expériences réalisées à petite échelle dans des milieux d'exploitation.

Richard Winder (richard.winder@nrcan.gc.ca), chercheur au CFP, fait partie d'un groupe de travail pancanadien formé de scientifiques provenant du SCF, d'organismes provinciaux et d'universités, qui travaille à une évaluation détaillée de l'état des connaissances sur la migration assistée au Canada. Le CFP contribuera à ce projet en précisant les répercussions écologiques possibles de différents scénarios de migration assistée, en comblant les lacunes existant dans les connaissances sur la vulnérabilité des espèces et des écosystèmes ainsi qu'en proposant des méthodes pour le classement des efforts de migration assistée par ordre de priorité. Dans le cadre de cette vaste initiative, un rapport sommaire sera présenté au Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) en vue de guider la prise de décision en ce qui a trait à la migration assistée comme stratégie d'aménagement forestier favorisant l'adaptation des forêts aux changements climatiques. *–R.W.*

Pin à écorce blanche

Jane Richardson (Dcjsr)

Détection des champignons résistants susceptibles d'être transportés à l'étranger

Lorsque nous entendons l'expression « espèces exotiques envahissantes », la plupart d'entre nous pensent à des organismes pathogènes et à des insectes nuisibles qui proviennent d'autres parties du monde et qui risquent de menacer nos écosystèmes s'ils y sont introduits. Les organismes nuisibles envahissants constituent en effet une menace pour la santé des essences forestières canadiennes. En entrant dans nos forêts, ils peuvent entraîner des dommages écologiques et économiques à l'échelle du paysage, ou encore nuire au commerce international des produits forestiers canadiens, puisqu'ils sont alors perçus comme une menace de contamination par les pays qui les considèrent comme des organismes de quarantaine.

Brenda Callan (brenda.callan@nrcan.gc.ca) et plusieurs autres scientifiques du Service canadien des forêts (SCF) effectuent des recherches sur l'identification et l'élimination des organismes nuisibles envahissants ainsi que sur les moyens d'empêcher leur établissement. Callan, mycologue au SCF et membre de l'équipe de recherche sur les espèces envahissantes (dirigée par **Eric Allen**) au Centre de foresterie du Pacifique, à Victoria, en Colombie-Britannique, repère les espèces de champignons qui pourraient être envahissantes et fournit des conseils scientifiques à cet égard aux organismes de réglementation tels que l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

Toutefois, Madame Callan s'intéresse avant tout à l'autre aspect des recherches sur les espèces envahissantes, la réduction des obstacles au commerce des produits forestiers canadiens. Son travail consiste entre autres à détecter et à identifier les champignons indigènes associés aux produits canadiens tels que le bois de conifère non traité, scié ou non, provenant de Colombie-Britannique.

La plupart des agents pathogènes communs des conifères croissent et produisent leurs spores sur le feuillage, les branches, les racines ou l'écorce, parties de l'arbre qui sont enlevées par le processus de coupe ou d'usinage et qui sont donc absentes du bois mis sur le marché. Or, les recherches de Callan ont montré que le bois usiné non traité héberge encore un grand nombre d'espèces de champignons, mais que la grande majorité d'entre elles appartiennent à des groupes taxinomiques dont le cycle vital ne comporte aucun stade pathogène ou saprophyte (se nourrissant de matière organique en décomposition).

Une seule bille peut héberger des centaines d'isolats distincts de ces champignons inoffensifs. D'autres isolats appartiennent à des espèces qui provoquent la pourriture du bois, mais ils constituent une faible menace dans le bois de sciage, puisqu'ils sont peu susceptibles d'y former des fructifications ou des spores. Quelques espèces telles que l'*Heterobasidion occidentale* (auparavant appelé *H. annosum* au Canada), associé à une maladie des racines et à une carie de la tige, peuvent être détectées à de très faibles densités dans le bois non traité.

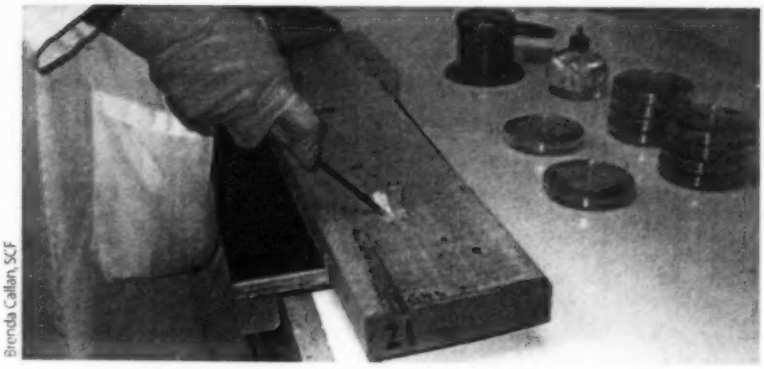
Pour identifier les organismes nuisibles jugés préoccupants par les organisations responsables de la quarantaine dans les divers pays, les agents chargés de la réglementation se réfèrent souvent à des index hôte-espèce, comme celui du site Web de l'herbier du Centre de foresterie du Pacifique : www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/biodiversity/herbarium. Ces index peuvent énumérer plus d'une centaine d'espèces de champignons associées à un hôte donné, s'il s'agit d'un arbre bien étudié, par exemple le douglas. Toutefois, tous les champignons ne méritent pas d'être inscrits sur une liste d'organismes de quarantaine.

En fait, un faible pourcentage des espèces de champignons qui figurent sur de telles listes est susceptible d'être présent dans le bois usiné, et seule une fraction de ces espèces peut s'avérer pathogène. Parmi celles-ci, un nombre encore plus petit sont à même de produire des spores infectieuses sur le bois au cours d'un de leurs stades de vie. L'*H. occidentale* est l'une de ces rares exceptions : il s'agit d'un agent pathogène connu qui produit des conidies (spores issues de la reproduction asexuée) infectieuses et forme une efflorescence ressemblant à une moisissure sur le bois colonisé.

Callan et son équipe réalisent actuellement une deuxième expérience en vue de déterminer l'effet de diverses conditions sur la viabilité d'une colonie d'*H. occidentale* s'établissant sur un morceau de bois non traité. Ils ont utilisé du bois coupé sur mesure provenant de pruches de l'Ouest chez lesquelles l'*H. occidentale* avait été détecté sur le terrain et en laboratoire. Ces arbres ont été coupés en billes grossières, puis usinés en morceaux de dimensions courantes à l'aide d'une scierie mobile. Les chercheurs ont ensuite analysé de nombreux échantillons prélevés sur toute la longueur de ces morceaux, pour confirmer qu'ils étaient entièrement colonisés par le champignon (même s'ils ne présentaient pas encore de symptômes de décomposition).

L'équipe surveille le bois ainsi produit, qui a été placé dans diverses situations sur les terrains du Centre de foresterie du Pacifique; certains morceaux ont été partiellement enterrés comme des poteaux de clôture, et d'autres ont été disposés en une petite pile. Les

suite à la page 9...



Brenda Callan, SCF

Culture de champignons à partir de copeaux tirés d'un morceau de bois débité.

Modélisation des matières premières entrant ans la production de bioénergie : Information sur ce secteur en croissance

Si la bioénergie suscite autant d'intérêt au Centre de foresterie du Pacifique, c'est en raison de l'infestation par le dendroctone du pin ponderosa (DPP). Au moment où l'infestation par le DPP prenait rapidement de l'expansion, des analystes prévoyaient que de vastes étendues d'arbres endommagés deviendraient irrécupérables pour le secteur traditionnel des produits forestiers. Durant le boom immobilier aux États-Unis, les scieries du centre de la Colombie Britannique ont fonctionné à plein régime, créant un surplus de résidus ligneux. L'abondance de l'offre combinée à la demande mondiale grandissante d'énergie, et spécialement d'énergie provenant de sources renouvelables, ont fait apparaître l'accroissement du secteur de la bioénergie comme allant de soi.

L'enthousiasme envers la bioénergie a cependant été tempéré par l'aspect temporaire de ces surplus. La dynamique à l'égard de l'approvisionnement en matières premières serait d'ailleurs différente dans un environnement postinfestation et dans d'autres régions du Canada où une coupe de récupération n'aurait pas eu lieu : les résidus de scierie en excès et à bon marché seraient moins abondants ou déjà utilisés. Ce scénario implique qu'un secteur de la bioénergie nouvellement créé ou en croissance paierait certainement plus cher pour s'approvisionner en matières premières, ce qui mettrait en péril la faisabilité des installations de production de bioénergie et/ou entrainerait une hausse de la concurrence pour la fibre entre les utilisateurs existants.

Ces effets se sont manifestés plus tôt que prévu lorsque la récession de l'économie mondiale a frappé le secteur des produits forestiers. À mesure que les scieries ont fermé leurs portes ou réduit leurs activités, les surplus de résidus d'usine à bon marché se sont rapidement taris, obligeant les producteurs potentiels de bioénergie à se tourner vers des sources d'approvisionnement en matières premières plus coûteuses, provenant de produits d'exploitation résiduels et de peuplements forestiers sur pied. Le besoin d'améliorer la modélisation spatiale et temporelle des matières premières est alors devenu évident : la nature volumineuse des matières affecterait grandement les coûts de transport et, ainsi, les coûts du produit livré. En outre, l'approvisionnement en matières premières serait probablement lié de près aux conditions du marché de l'ensemble du secteur forestier. Avec l'appui de Kees van Kooten, de l'Université de Victoria, les chercheurs du Centre de foresterie du Pacifique **Brad Stennes** (bstennes@nrcan.gc.ca) et **Kurt Niquidet** (kniquide@nrcan.gc.ca) ont conçu deux modèles à échelle spatiale différente afin d'étudier ces questions plus à fond.

Un des modèles portait exclusivement sur le district forestier de Quesnel, région en plein cœur de l'infestation par le DPP. On l'a utilisé pour identifier la source et le coût des matières premières pour une éventuelle installation de production de bioénergie d'une capacité de 187 MW sur une période de 25 ans. Les résultats ont montré que les coûts des matières premières allaient plus que doubler au cours de la période de planification. La hausse des coûts a été attribuée à deux facteurs principaux : 1) dans l'avenir, les matières premières devraient être puisées de peuplements forestiers plus éloignés; 2) par suite de la baisse du volume de billes de sciage, le développement et l'extraction accapareraient une plus grande proportion des coûts de production de bioénergie au fil du temps.

Le modèle a permis de brosser un portrait précis en intégrant des données d'inventaire forestier et des données spatiales détaillées propres au district de Quesnel, et MM. Stennes, Niquidet et van Kooten ont reconnu que ces résultats ne pourraient pas être appliqués à d'autres régions de la province ou du pays.

suite à la page 10...

Sources

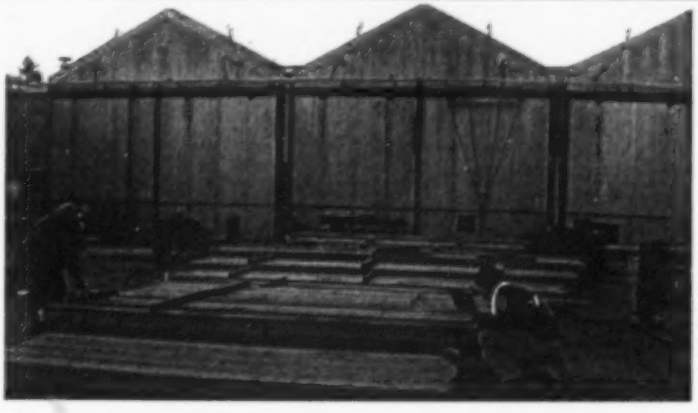
Bioenergy from Mountain Pine Beetle Timber and Forest Residuals: The Economics Story. 2011. Niquidet, K.; Stennes, B; van Kooten, G.C. Biomass and Bioenergy (In review).

Implications of Expanding Bioenergy Production from Wood in British Columbia: An Application of a Regional Wood Fibre Allocation Model. Stennes, B., Niquidet, K.; van Kooten, G.C. 2010. Forest Science 56(4): 366–378.

Modelling bioenergy uptake in the British Columbia fibre allocation and transport model. Pacfic Forestry Centre, Canadian Forest Service, Victoria, BC. Stennes, B.; Niquidet, K. 2011. Information Report BC-X-431.

Détection des champignons *...suite de la page 8*

scientifiques communiquent les résultats de ce type de recherche aux organismes de réglementation, pour les aider à restreindre le nombre d'agents pathogènes figurant sur les listes d'organismes de quarantaine, l'objectif étant de n'y conserver que le faible nombre d'espèces qui sont réellement susceptibles de s'établir si elles sont accidentellement introduites par l'entremise de billes ou de bois scié. De plus, ces résultats permettent aux chercheurs de concentrer leurs efforts sur les organismes et les produits exigeant de nouvelles méthodes de détection, de lutte ou d'atténuation des risques. *–B.C.*



Brenda Callan, SCF

Échantillonnage de planches dans une scierie.

Dave Harrison, SCF

...suite de la page 9

Plus important encore, le modèle ne comportait pas d'interaction entre l'offre et la demande de fibre d'un district et d'un secteur à l'autre. Un modèle à l'échelle de la province a donc été créé pour saisir pleinement cette dynamique. Le modèle d'attribution et de transport de la fibre divise la Colombie-Britannique en 24 régions, lesquelles possèdent toutes un secteur forestier spécifique défini selon la capacité de transformation, l'approvisionnement en bois d'œuvre et la structure de coûts. Ces régions sont également reliées par un vaste réseau de transport. La fibre est attribuée aux différents secteurs et régions selon une formule de programmation linéaire qui maximise les recettes nettes, lesquelles sont assujetties aux contraintes de ressources et de capacité. Le modèle permet aux chercheurs de simuler l'impact d'une capacité bioénergétique accrue sur le secteur existant dans une grande variété de conditions d'offre et de demande. Lorsque la demande de bois d'œuvre est faible, l'augmentation de la capacité bioénergétique peut avoir un impact positif sur le secteur de la récolte, car elle ajoute de la valeur au système et améliore par le fait même les marges de profit. Néanmoins, malgré la disponibilité des peuplements attaqués par le DPP, la fibre n'est pas récoltée suivant un mode bois sur pied énergie. Lorsque la baisse d'infestation par le DPP entraînera une réduction des coupes annuelles permises, les producteurs d'énergie seront de plus en plus forcés d'entrer en concurrence avec les autres utilisateurs, tels que les centrales électriques alimentées au granulat et les usines de pâtes pour combler leur besoin en matières premières.

Les scénarios qui découlent de ces modèles exposent plusieurs défis liés à l'expansion de la bioénergie. En effet, si la capacité bioénergétique vient à s'accroître, les installations devront être prêtes à affronter des coûts de matières premières plus élevés. Qui plus est, selon les conditions de l'offre et de la demande, la production de bioénergie peut tout à la fois fournir un complément et agir comme compétiteur au secteur forestier canadien existant. Les chercheurs du Centre de foresterie du Pacifique travaillent actuellement à élargir les modèles pour y inclure les provinces des Prairies. *-K.N.*

Sur la couverture

Mike Cruickshank, SCF

Champignons ou organes fructifères du genre *Armillaria*.

Événements

2011 : Année internationale des forêts
Nations Unies
http://foretscanada.rncan.gc.ca/article/trouverunevenement/?lang=fr

http://www.un.org/en/events/iyof2011/events.shtml

Engineering the Forest Value Chain
34e assemblée annuelle du Council on Forest Engineering
Du 12 au 15 juin 2011, ville de Québec, Québec
https://www.cirrelt.ca/COFE2011/

Carbon Management in BC Ecosystems
Columbia Mountains Institute of Applied Ecology
Les 15 et 16 juin 2011, Nelson, Colombie-Britannique
http://www.cmiae.org/Events/#carbon

IUFRO Tree Biotechnology 2011: From Genomes to Integration and Delivery
Union internationale des instituts de recherches forestières
Du 26 juin au 2 juillet 2011,
Arraial d'Ajuda, Brésil
http://www.treebiotech2011.com/

People in Places: Engaging Together in Integrated Resource Management
Coastal CURA (Community–University Research Alliance)
Du 26 au 29 juin 2011,
Halifax, Nouvelle-Écosse
http://www.coastalcura.ca/peopleinplaces2011.html

Canada's Forest Conference 2011
103e assemblée générale annuelle et congrès de l'Institut forestier du Canada
Du 18 au 21 septembre 2011,
Huntsville, Ontario
http://www.cif-ifc.org/site/2011_huntsville?&lang=fr

Semaine nationale de l'arbre et des forêts 2011
Association forestière canadienne
Du 18 au 24 septembre, 2011
http://www.canadianforestry.com/html/outreach/forest_wk_calendar_e.html

Le coin des employés

Départs

Bob Ferris a commencé à participer au Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) en 1982. Il a d'abord travaillé dans le secteur de l'Okanagan, dans la région de Kamloops, puis dans les régions de l'île de Vancouver et de Prince George, effectuant des relevés depuis la région de Cariboo jusqu'au Yukon. Bob a effectué des relevés et des travaux de surveillance visant la plupart des organismes forestiers nuisibles de Colombie-Britannique, mais il est avant tout un spécialiste de la biologie du perce-pousse européen du pin, du porte-case du mélèze, de la tordeuse bisannuelle de l'épinette, de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, de la livrée des forêts et de l'arpenteuse bossue de la pruche. La vaste expérience de terrain et de laboratoire de Bob a été mise à contribution dans le cadre de nombreux projets : l'Étude sur les chronoséquences des forêts côtières (CFC) et l'Expérience canadienne sur la décomposition interstationnelle (CIDET), de 1996 à 2005; une série de projets de recherche financés par le Compte d'investissement forestier de la Colombie-Britannique et portant sur les champignons ectomycorhiziens et l'aménagement forestier à rétention variable, de 2002 à 2009, et des études liées au Programme canadien du carbone réalisées dans les sites de la station de flux côtière de Colombie-Britannique, près de Campbell River, de 2002 à 2011.

Arrivées

Nous souhaitons la bienvenue à la pathologiste **Elisa Becker** au sein de la Division de l'innovation et de la dynamique forestières. De 2008 à 2010, Elisa a été chercheuse principale invitée au CFP et a collaboré avec Simon Shamoun et le groupe de recherche sur l'encre des chênes rouges. En 2003, Elisa a obtenu son doctorat de l'Université de Victoria, où elle a présenté sa thèse intitulée « Systematics, efficacy and population dynamics of the biocontrol fungus, *Chondrostereum purpureum* ». Elle fait figure d'autorité en matière de lutte biologique au moyen du *Chondrostereum*.

Elizabeth Campbell s'est récemment jointe au CFP en tant que chercheuse scientifique (perturbations causées par les coléoptères). Elizabeth a obtenu son doctorat de l'Université du Québec à Montréal, où elle a étudié les répercussions de l'infestation de tordeuse des bourgeons de l'épinette sur la forêt boréale. Avant de travailler au CFP, Elizabeth était scientifique au Service des forêts de la Colombie-Britannique, où elle dirigeait un projet clé sur le changement climatique, dont les résultats ont orienté les politiques visant à adapter les pratiques d'aménagement forestier. Elle a également dirigé pendant plusieurs années une recherche sur les perturbations causées par les coléoptères, et elle a déjà collaboré avec René Alfaro, du CFP, dans le cadre d'études visant à détecter les perturbations dues au dendroctone du pin ponderosa à partir des cernes annuels des arbres.

Avant de devenir agente de publications au CFP, **Barb Crawford** a travaillé 9 ans comme biologiste de la faune et experte-conseil en environnement. Elle a occupé divers postes, qui l'ont menée un peu partout depuis Ross River, au Yukon, jusqu'à Val Marie, en Saskatchewan. Après avoir passé plus de 2 ans à suivre de la formation et à travailler comme pigiste dans le domaine de la révision et de la rédaction technique, deux rôles qui ont constitué un élément important de sa carrière pendant plusieurs années, Barb a quitté Calgary, en Alberta, pour venir occuper ce poste au CFP.

Félicitations

En janvier, Centraide a rendu honneur au Centre de foresterie du Pacifique de Ressources naturelles Canda en lui remettant le prix pour la meilleure campagne en milieu de travail de 2010 pour la région du grand Victoria. Cette reconnaissance n'aurait pu être obtenue sans la remarquable collaboration de tous les secteurs hébergés au CFP, soit le Service canadien des forêts, le Bureau des services partagés, la Direction des communications et du marketing et la bibliothèque de RNCan. La campagne 2010 de Centraide du grand Victoria a permis d'amasser 6,21 millions de dollars pour venir en aide à la collectivité, en partie grâce aux efforts des employés du CFP.

Prix de mérite du SCF – Collaboration : Groupe de surveillance du déboisement
Grâce au Service canadien des forêts, les Canadiens peuvent aujourd'hui avoir une meilleure compréhension de la nature et de l'ampleur du déboisement. À l'aide d'images d'observation de la Terre archivées, les membres du Groupe de surveillance du déboisement ont estimé le deboisement survenu annuellement au Canada de 1970 à 2009. Cette estimation permettra de produire certains rapports exigés à l'échelle nationale et internationale, en plus de servir de base pour l'élaboration de politiques et la négociation. Les résultats de ce travail sont utilisés par le Groupe de travail chargé de la comptabilisation du carbone du SCF ainsi qu'Environnement Canada et Agriculture Canada et ont servi de point de départ pour l'élaboration de la loi récemment adoptée *BC Zero Net Deforestation Act*. Félicitations à **Don Leckie, Andrew Dyk, Sally Tinis, David Hill, Stephanie Ortlepp** et **Frank Eichel** pour cette réalisation exceptionnelle de leur équipe.

Félicitations aux employés du CFP qui ont reçu un prix de long service du SCF :
20 ans – **Brenda Callan et Simon Shamoun**
30 ans – **François Gougeon**
40 ans – **Jane Foster**

Comité consultatif sur les sciences de l'environnement (CCSE) – BFC Esquimalt :
Les employés du CFP suivants ont reçu un prix de reconnaissance pour leur apport au CCSE : **Nello Cataldo, Arthur Robinson** et **Andrea Schiller,** du Programme des terres fédérales, ainsi que **Tony Trofymow,** chercheur scientifique et président du CCSE.

Nouvelles publications du Centre de foresterie du Pacifique

Documents de travail sur le dendroctone du pin ponderosa

Mountain pine beetle survey in the Peace Region of British Columbia and adjacent areas in Alberta. 2011. Pellow, K.W.; Thandi, G.; Unger, L.S. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-05.

Impacts of climate change on mountain pine beetle habitat connectivity in western Canada. 2011. Riel, W.G.; Burnett, C.; Fall, A. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-04.

Forest health and mortality of advance regeneration following canopy tree mortality caused by the mountain pine beetle. 2011. Lewis, K.J. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-03.

Mountain pine beetle range expansion: Assessing the threat to Canada's boreal forest by evaluating the endemic niche Final Report Ver. 1.1. 2011. Bleiker, K.P.; Carroll, A.L.; Smith, G.D. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-02.

A synthesis of the hydrological consequences of large-scale mountain pine beetle disturbance. 2011. Schnorbus, M. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-01.

Rapports d'information

Fertilization and thinning effects on a Douglas-fir ecosystem at Shawnigan Lake: 32-year growth response. 2011. Omule, A.Y.; Mitchell, A.K.; Wagner, W.L. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report FI-X-005.

Condition, growth, and projected yield of lodgepole pine and interior spruce 20 years after rehabilitation of an understocked site in north-central British Columbia: The Stony Lake trial. 2011. Whitehead, R.J.; Cortini, F.; Taylor, S.W.; Linnell Nemec, A.F.; Goudie, J.W.; Vallentgoed, J.; Polsson, K.R. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report FI-X-006.

The economics of salvage harvesting and reforestation in British Columbia's mountain pine beetle-affected forests. 2011. Peter, B.; Bogdanski, B.E.C. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-425.

Mountain pine beetle: A synthesis of the ecological consequences of large-scale disturbances on sustainable forest management, with emphasis on biodiversity. 2011. Bunnell, F.L.; Kremsater, L.L.; Houde, I. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-426.

Markets for forest products following a large disturbance: Opportunities and challenges from the mountain pine beetle outbreak in western Canada. 2011. Bogdanski, B.E.C.; Sun, L.; Peter, B.; Stennes, B. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-429.

Development and survival of the spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis*, in stumps and windthrow. 2011. Safranyik, L. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-430.

Modelling bioenergy uptake in the British Columbia fibre allocation and transport model. 2011. Stennes, B.; Niquidet, K.; van Kooten, G.C. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-431.

Autres publications

Environmental Science Advisory Committee: 2009/2010 Annual Report. 2011. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Copublished by the Department of National Defense.

Articles de journaux

An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. 2011. Stinson, G.; Kurz, W.A.; Smyth, C.E.; Neilson, E.T.; Dymond, C.C.; Metsaranta, J.M.; Boisvenue, C.; Rampley, G.J.; Li, Q.; White, T.M.; Blain, D. Global Change Biology.

Assessment of Colletotrichum gloeosporioides as a biological control agent for hemlock dwarf mistletoe (Arceuthobium tsugense) 2011. Askew, S.E.; Shamoun, S.F.; van der Kamp, B. Journal of Forest Pathology.

Changes in the structural composition and reactivity of Acer rubrum leaf litter tannins exposed to warming and altered precipitation: climatic stress-induced tannins are more reactive. 2011. Tharayil, N.; Suseela, V.; Triebwasser, D.J.; Preston, C.M.; Gerard, P.D.; Dukes, J.S. New Phytologist.

Characterizing stand replacing disturbance in western Alberta grizzly bear habitat, using a satellite-derived high temporal and spatial resolution change sequence. 2011. Gaulton, R.; Hilker, T.; Wulder, M.A.; Coops, N.C.; Stenhouse, G.B. Forest Ecology and Management 261(4): 865-877.

Climate change and forest diseases. 2011. Sturrock, R.N.; Frankel, S.J.; Brown, A.V.; Hennon, P.E.; Kliejunas, J.T.; Lewis, K.J.; Worrall, J.J.; Woods, A. Journal of Plant Pathology 60(1): 133-149.

Comparing the impacts of mitigation and non-mitigation on mountain pine beetle populations. 2011. Coggins, S.B.; Coops, N.C.; Wulder, M.A.; Bater, C.W.; Ortlepp, S.M. Journal of Environmental Management 92(1): 112-120.

Facilitation in bark beetles: endemic mountain pine beetle gets a helping hand. 2011. Smith, G.D.; Carroll, A.L.; Lindgren, B.S. Agricultural and Forest Entomology 13(1): 37-43.

Rendez-vous à la libraire en ligne du Service canadien des forêts
pour commander ou télécharger les publications
du Service canadien des forêts :

librairie.scf.rncan.gc.ca

Le catalogue comprend des milliers de publications et de rapports de recherche
du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada.

Info-forêts : recherche en science et technologie au Centre de foresterie du Pacifique Service canadien des forêts est publié trois fois par année par le Centre de foresterie du Pacifique du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada, 506 West Burnside Road, Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5; scf.rncan.gc.ca/regions/cfp; téléphone : 250 363-0600.

Pour commander des exemplaires supplémentaires de la présente publication ou de toute autre publication du Service canadien des forêts, visitez la librairie en ligne du Service canadien des forêts à librairie.scf.rncan.gc.ca ou communiquez avec Nina Perreault (téléphone : 250.298.2391; courriel : PFCPublications@nrcan-rncan.gc.ca, commis aux publications du Centre de foresterie du Pacifique. Rendez-vous à l'adresse suivante pour vous abonner ou changer votre adresse postale : PFCPublications@nrcan-rncan.gc.ca. Veuillez faire parvenir vos questions, commentaires, suggestions ou demandes de permissions de reproduction des articles de la présente publication à l'éditrice, Shelley Church (téléphone : 250.298.2388; courriel : PFCPublications@nrcan-rncan.gc.ca).

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2011

Cat. No. Fo12-12/2011-2F-PDF

Imprimé au Canada